

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 590 176 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92116561.9**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **G10K 11/02, B06B 1/06**

(22) Anmeldetag: **28.09.92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.04.94 Patentblatt 94/14**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**D-80333 München(DE)**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR GB LI NL**

(72) Erfinder: **Fiebiger, Clemens, Dr.-Ing.**  
**Ohmstrasse 7**  
**W-8520 Erlangen(DE)**  
Erfinder: **Schmidt, Erhard, Ing.grad.**  
**Heuwaagstrasse 20**  
**W-8520 Erlangen(DE)**

(54) **Ultraschall-Wandleranordnung mit einer akustischen Anpassungsschicht.**

(57) Bei einer Ultraschall-Wandleranordnung (2) mit einem elektroakustischen Wandlerteil (4) ist dem Wandlerteil (4) mindestens eine akustische Anpassungsschicht (12) zugeordnet. Die akustische Anpassungsschicht (12) besteht aus einem elektrisch leitfähigen Gerüst (20) mit untereinander verbundenen Zwischenräumen (22). Das Gerüst (20) ist aus untereinander verbundenen Teilchen aufgebaut. Die Größe der Teilchen ist kleiner als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht (12), wodurch in der Anpassungsschicht (12) keine wesentliche Streuung der Welle stattfindet. Die Zwischenräume (22) sind mit einem aushärtbarem Vergußmaterial gefüllt.

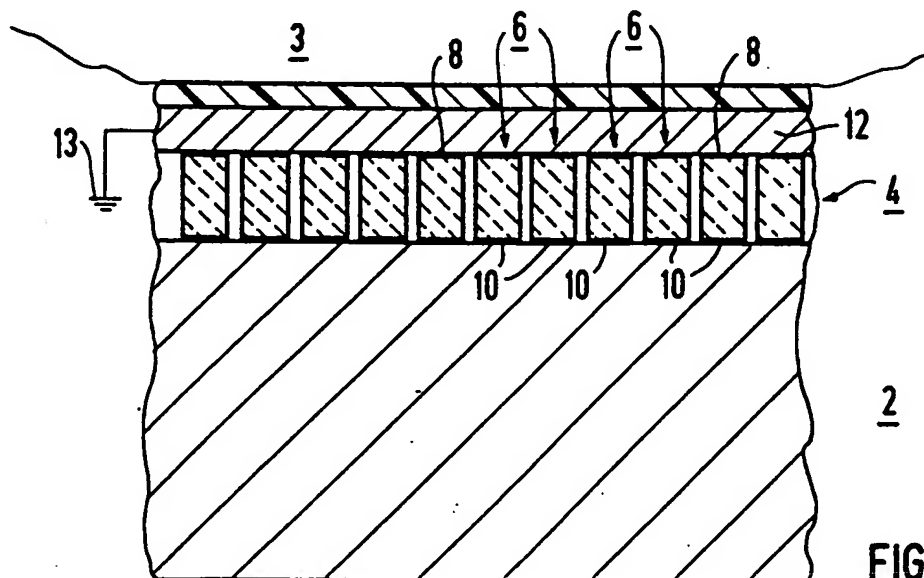


FIG 1

EP 0 590 176 A1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine Ultraschall-Wandleranordnung mit einem elektroakustischen Wandlerteil, dem mindestens eine akustische Anpassungsschicht zugeordnet ist.

In der Ultraschalltechnik werden Anpassungsschichten verwendet, um außerhalb eines Untersuchungsobjekts Reflexionen an Grenzflächen zweier Materialien mit unterschiedlicher Impedanz zu vermindern bzw. möglichst verlustfrei die Ultraschallenergie vom Wandlerteil in das Untersuchungsobjekt und zurück zu übertragen. Dazu wird mindestens eine Anpassungsschicht zwischen den beiden Materialien angeordnet. In der Praxis werden z.B. Anpassungsschichten zur akustischen Anpassung eines elektroakustischen Wandlerteils an ein Untersuchungsobjekt verwendet. Zusätzlich kann auch ein akustischer Sumpf- oder Dämpfungskörper mit mindestens einer Anpassungsschicht an den Wandlerteil angepaßt werden.

Eine Ultraschall-Wandleranordnung der eingangs genannten Art ist in der US-PS 4 717 851 beschrieben. Zur akustischen Anpassung des elektroakustischen Wandlerteils an ein Untersuchungsobjekt oder ein akustisches Fortpflanzungsmedium werden Anpassungsschichten im Schallweg angeordnet, deren akustische Impedanz zwischen der des Wandlerteils und der des Untersuchungsobjekts oder Fortpflanzungsmediums liegt. Üblich sind Anpassungsschichten aus einem Kunstharz, wie z.B. Epoxidharz, worin kleinste Teilchen eines mineralischen oder metallischen Materials eingebettet sind. Die akustische Impedanz der Anpassungsschicht wird dabei im wesentlichen über die Menge und dem Material der hinzugefügten Teilchen eingestellt. Es kann jedoch nicht in jedem Fall über größere Volumenbereiche eine gleichmäßige Verteilung der Teilchen im Kunstharz erreicht werden. Dadurch ist die Reproduzierbarkeit der funktionsbestimmenden akustischen Eigenschaften begrenzt. Hinzu kommt, daß u. U. Inhomogenitäten und Störstellen in Kauf genommen werden müssen. Derartige Anpassschichten sind elektrisch nicht leitend, daher muß der Wandlerteil zusätzlich elektrisch kontaktiert und/oder abgeschirmt werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine einfach aufgebaute Ultraschall-Wandleranordnung mit einer akustisch homogenen Anpassungsschicht anzugeben, deren funktionsbestimmende Eigenschaften in einem weiten Bereich eingestellt werden können.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die akustische Anpassungsschicht aus einem elektrisch leitfähigen Gerüst mit untereinander verbundenen Zwischenräumen besteht, daß das Gerüst aus untereinander verbundenen Teilchen aufgebaut ist, daß die Größe der Teilchen kleiner als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht ist, wodurch in der Anpassungsschicht keine wesentliche Streuung der Welle stattfindet und daß die Zwischenräume mit einem aushärtbaren Vergußmaterial gefüllt sind. Das elektrisch leitfähige Gerüst vereinfacht den Aufbau der Ultraschall-Wandleranordnung dahingehend, daß über die Anpassungsschicht der elektroakustische Wandlerteil kontaktiert oder abgeschirmt werden kann. Dabei kann über die Materialauswahl und die Größe der Teilchen die akustische Impedanz in weiten Bereichen eingestellt werden, so daß unterschiedlichste akustische Anpaßprobleme gelöst werden können. Die Größe der Teilchen ist abhängig von der verwendeten Ultraschallfrequenz. Je niedriger die Frequenz ist, desto größer dürfen die Teilchen sein, ohne eine störende Streuung der Ultraschallwelle zu bewirken. Die Kleinheit der Teilchen stellt auch eine homogene Verteilung der akustischen Impedanz sicher.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, daß der Volumenanteil der Teilchen in der Anpassungsschicht zwischen 5 % und 95 % liegt. Bei niedrigen Volumenanteilen garantiert das aushärtbare Vergußmaterial ausreichende mechanische Stabilität. Es hat sich zudem herausgestellt, daß auch bei einem Volumenanteil der Teilchen von 95 % die Zwischenräume untereinander verbunden bleiben, so daß auch Anpassungsschichten mit einem hohen Volumenanteil der Teilchen ohne Lufteinschlüsse hergestellt werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung liegt der Volumenanteil der Teilchen zwischen 10 % und 60 %. Anpassungsschichten, bei denen der Volumenanteil der Teilchen in diesem Bereich liegt, lassen sich ohne aufwendige Fertigungsmaßnahmen herstellen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung besteht das Gerüst aus gesinterten Metallpulverteilchen. Durch die Sinterung ist eine stabile und elektrisch gut leitfähige Verbindung der Teilchen im Gerüst gewährleistet.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen gleichartig, wodurch eine besonders hohe Homogenität erreicht wird.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen dendritisch geformt, wodurch Anpassungsschichten mit einem geringen Volumenanteil der Teilchen hergestellt werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Teilchen sphärisch geformt, wodurch mittlere und hohe Volumenanteile realisiert werden können.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthalten die Teilchen Kupfer. Kupferteilchen sind unter Schutzgas gut sinterbar und in verschiedenen Teilchenformen, wie z. B. sphärische oder dendritische Formen, erhältlich.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Vergußmaterial ein aushärtbarer Kunstharz. Damit können die Zwischenräume bei normaler Umgebungstemperatur mit der Vergußmasse gefüllt werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung grenzt die Anpassungsschicht unmittelbar an eine Oberfläche des Wandlerteils. Die Anpassungsschicht erfüllt somit zum einen die Funktion der akustischen Anpassung und zum anderen auch die Funktion der elektrischen Kontaktierung am elektroakustischen Wandlerteil.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der Wandlerteil für medizinische Anwendungen ausgebildet. Die erfindungsgemäßen Anpassungsschichten eignen sich besonders, um die im medizinischen Anwendungsbereich auftretenden Impedanzen aneinander anzupassen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand von zwei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine Ultraschall-Wandleranordnung für medizinische Anwendungen mit einer elektrisch leitfähigen Anpassungsschicht und

FIG 2 ein Schlifffbild der Oberfläche einer elektrisch leitfähigen Anpassungsschicht.

FIG 1 zeigt in einer Schnittdarstellung eine Ultraschall-Wandleranordnung 2 für medizinische Anwendungen, mit der Schnittbilder eines Untersuchungsgebiets 3 erstellt werden können. Eine weitere medizinische Anwendung besteht darin, Ort, Richtung und Größe von Blutströmungen zu detektieren. Die Ultraschall-Wandleranordnung 2 umfaßt als elektroakustischen Wandlerteil 4 ein Wandlerarray zum Senden von Ultraschallwellen in das Untersuchungsgebiet 3 und zum Empfangen von Echosignalen daraus. Die elektroakustische Wandleranordnung oder das Wandlerarray 4 besteht aus einer Vielzahl von gleichartigen, nebeneinander angeordneten Elementarwandlern 6, z.B. besteht ein für Sektorabtastung vorgesehenes Phased-Array aus 64 und ein zur Erstellung von rechteckförmigen Schnittbildern vorgesehenes Linear-Array aus 192 Elementarwandlern 6. Jeder Elementarwandler 6 ist aus einem polarisierten piezoelektrischen Keramikquader aufgebaut, der an zwei gegenüberliegenden Seiten mit jeweils einer Elektrode 8 bzw. 10 versehen ist.

Die polarisierte Piezokeramik der Elementarwandler 6 besitzt eine relativ hohe akustische Impedanz in der Größenordnung von 35 MRayl, während das Untersuchungsgebiet aus Körpergewebe eine akustische Impedanz in der Größenordnung von 1,5 MRayl aufweist.

Ohne eine akustische Anpassung würden daher bei der direkten Ankopplung des Wandlerarrays 4 an das Untersuchungsgebiet 3 starke Reflexionen auftreten, die sich als Artefakte störend bemerkbar machen würden.

Durch eine zwischen dem Untersuchungsgebiet 3 und dem elektroakustischen Wandlerteil 4 angeordnete akustische Anpassungsschicht 12 werden Reflexionen und Signalverluste verringert. Die Anpassungsschicht 12 weist eine Dicke von ungefähr einem Viertel der Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht 12 auf. Zur akustischen Anpassung muß die Anpassungsschicht 12 dann eine akustische Impedanz in der Größenordnung von 5 bis 10 MRayl aufweisen.

Die Anpassungsschicht 12 grenzt als einzige Anpassungsschicht unmittelbar an eine Oberfläche des Wandlerarrays 4, sie ist leitfähig verklebt mit den Elektroden 8. Andererseits ist die Anpassungsschicht 12 mit einem gemeinsamen Potential 13 verbunden, so daß für die Elektroden 8 der Elementarwandler 6 keine weitere elektrische Kontaktierung vorgesehen werden muß. Die Elektroden 10 sind jeweils elektrisch mit einem Signalkanal verbunden (in FIG 1 nicht dargestellt), der zur Steuerung und/oder Fokussierung vorgesehene Verzögerungsglieder umfaßt.

Eine dünne Schutzschicht 14 aus einem Kunststoff ist der Anpassungsschicht 12 vorgelagert. Die akustischen Eigenschaften der Schutzschicht 14 sind denen des Körpergewebes angepaßt, so daß die Schutzschicht 14 die akustischen Schallwellen nicht beeinträchtigt.

Anhand von FIG 2 wird nun näher der Aufbau der akustischen Anpassungsschicht 12 beschrieben. FIG 2 zeigt das Schlifffbild der Oberfläche der akustischen Anpassungsschicht 12 in 200-facher Vergrößerung. Zur Veranschaulichung der Größenordnungen ist auch ein Maßstab 18 dargestellt. Die akustische Anpassungsschicht 12 besteht aus einem elektrisch leitfähigen Gerüst 20 mit untereinander verbundenen Zwischenräumen 22. Das die Oberfläche berührende leitfähige Gerüst 20 erscheint im Schlifffbild hell, während die mit einem aushärtbaren Vergußmaterial, wie z.B. ein Expoxidharz, gefüllten Zwischenräume 22 dunkel erscheinen. Das Gerüst 20 besteht aus durch Sinterung unter Schutzgas untereinander verbundenen gleichartigen Kupferteilchen, wobei die Größe der Teilchen kleiner ist als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht 12. Die Teilchen sind hier kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge, so daß praktisch keine Streuung mehr auftritt.

Die akustische Impedanz läßt sich in weiten Grenzen über das verwendete Material der Teilchen und vor allem auch über den Volumenanteil einstellen. Der Volumenanteil der Teilchen läßt sich wiederum über die Form und Größe der Teilchen beeinflussen. Besonders hohe Volumenanteile der Teilchen lassen sich

durch zusätzliches Pressen der ungesinterten Teilchen erzielen. Weiterhin läßt sich über die Sinterbedingungen der Volumenanteil der Teilchen einstellen.

Die nachstehende Tabelle zeigt für Kupfer die Abhängigkeit der für Anpassungsschichten wichtigen Größen wie akustische Dämpfung und akustische Impedanz von der Teilchenform, Teilchengröße, Sinter-  
 5 temperatur und Sinterzeit.

TF	TG $\mu\text{m}$	ST $^{\circ}\text{C}$	SZ min	AD db/MHz mm	AI MRayl
dendritisch	32	710	30	1,6	4,7
dendritisch	50	950	20	0,76	7,3
sphärisch	32	720	20	0,12	15,2

Hierbei bedeuten die Abkürzungen

TF Teilchenform  
 TG Teilchengröße  
 ST Sintertemperatur  
 SZ Sinterzeit  
 AD akustische Dämpfung  
 AI akustische Impedanz.

Wichtig ist, daß auch bei einem hohen Volumenanteil die Zwischenräume 22 untereinander verbunden sind, so daß sie ohne Lufteinschlüsse mit Vergußmaterial gefüllt werden können.

Bei der in FIG 2 im Schliffbild dargestellten Anpassungsschicht 12 sind die verwendeten Teilchen dendritisch geformt und weisen eine Größe von 30 bis 40  $\mu\text{m}$  auf. Ohne Pressung und bei druckloser  
 25 Sinterung beträgt der Volumenanteil ungefähr 18 bis 25 %.

Über eine Kombination von verschiedenen Metallteilchen, sei es verschiedenartiges Material und/oder verschiedene Teilchenformen, läßt sich die akustische Impedanz der Anpassungsschicht weiter variieren und an die akustischen Erfordernisse anpassen.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß die oben beschriebenen Anpassungsschichten 12 ebenso zur akustischen Anpassung von Einzelwandlern verwendet werden können. Des weiteren können diese Anpassungsschichten 12 auch bei therapeutischen Ultraschall-Wandleranordnungen eingesetzt werden.

## Patentansprüche

- Ultraschall-Wandleranordnung (2) mit einem elektroakustischen Wandlerteil (4), dem mindestens eine akustische Anpassungsschicht (12) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die akustische Anpassungsschicht (12) aus einem elektrisch leitfähigen Gerüst (20) mit untereinander verbundenen Zwischenräumen (22) besteht, daß das Gerüst (20) aus untereinander verbundenen Teilchen aufgebaut ist, daß die Größe der Teilchen kleiner als die Wellenlänge einer akustischen Welle in der Anpassungsschicht (12) ist, wodurch in der Anpassungsschicht (12) keine wesentliche Streuung der Welle stattfindet, und daß die Zwischenräume (22) mit einem aushärtbaren Vergußmaterial gefüllt sind.
- Ultraschall-Wandleranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Volumenanteil der Teilchen in der Anpassungsschicht (12) zwischen 5 % und 95 % liegt.
- Ultraschall-Wandleranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Volumenanteil der Teilchen zwischen 10 % und 60 % liegt.
- Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gerüst (20) aus gesinterten Metallpulver-Teilchen besteht.
- Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen gleichartig sind.
- Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen dendritisch geformt sind.

7. Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen sphärisch geformt sind.
- 5 8. Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilchen Kupfer enthalten.
9. Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Vergußmaterial ein aushärtbares Kunstharz ist.
- 10 10. Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anpassungsschicht (12) unmittelbar an eine Oberfläche (8) des Wandlerteils (4) grenzt.
11. Ultraschall-Wandleranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wandlerteil (4) für medizinische Anwendungen ausgebildet ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

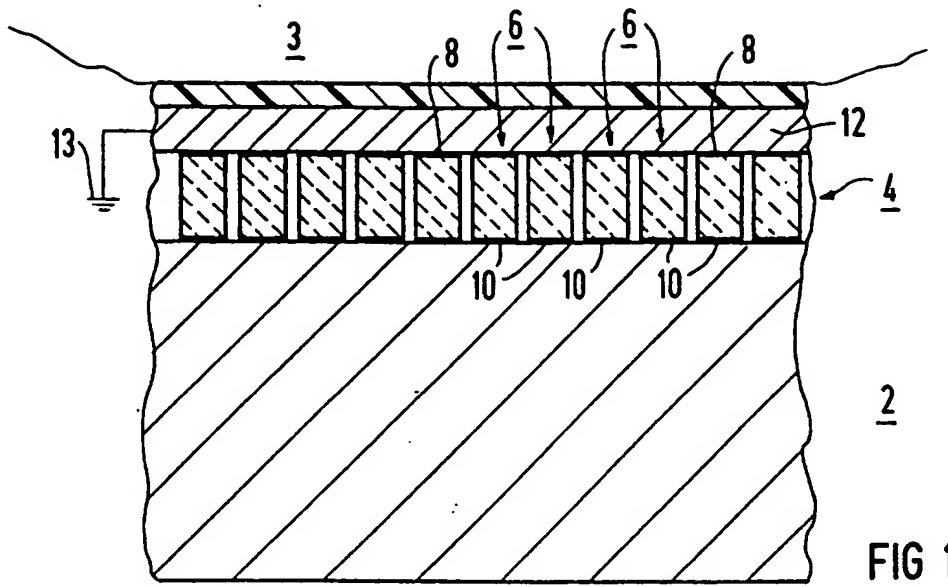


FIG 1

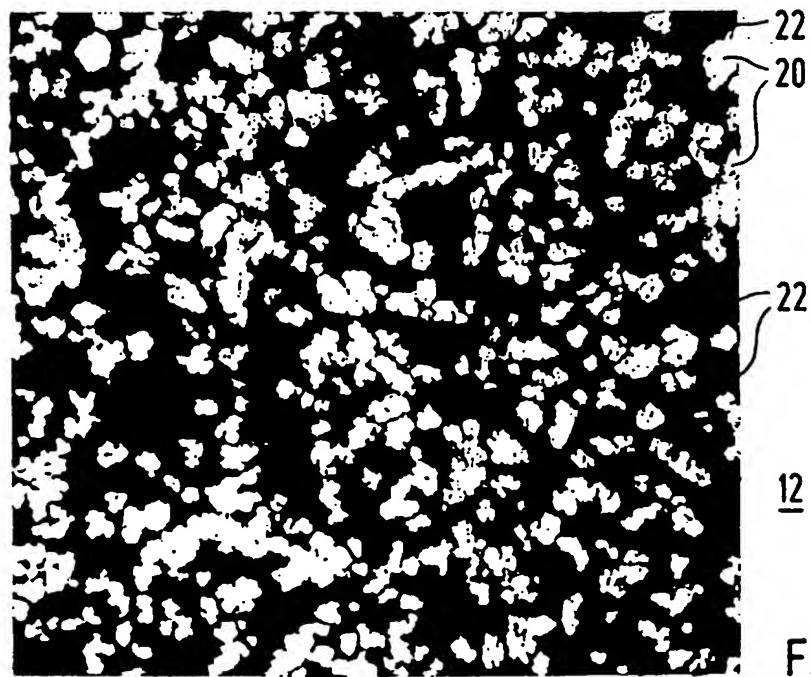


FIG 2

100µm  
18



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 6561

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	US-A-3 968 055 (D.N.PALMER) * Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 14 * * Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 8 * * Spalte 3, Zeile 26 - Zeile 32; Anspruch 1 *	1-5,9,10	G10K11/02 B06B1/06
Y	EP-A-0 031 049 (INTERATOM) * Seite 1, Spalte 8 - Spalte 16 * * Seite 3, Zeile 24 - Seite 4, Zeile 20 *	1-5,9,10	
A	EP-A-0 095 619 (INTERATOM) * Zusammenfassung * * Seite 2, Zeile 7 - Zeile 30; Ansprüche 1-5,7 *	1,4,5,10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 239 (E-276)(1676) 2. November 1984 & JP-A-59 119 998 ( TOSHIBA K.K. ) 11. Juli 1984 * Zusammenfassung *	1,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G10K B06B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort DEN HAAG		Abchlußdatum der Recherche 28 MAI 1993	Prüfer HAASBROEK J.N.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mchtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	